

### **Коммунальное хозяйство городов**

---

4.Тян Р.Б., Чернышук Н.М. Организация производства. – Днепропетровск: Наука и образование, 1999. – 162 с.

5.Организация строительного производства / Под общ. ред. проф. Цая Т.Н. – М.: Ассоциации строительных вузов, 1999. – 496 с.

6.Захарченко Г.А. Современные тенденции развития и применения бетононасосов // Механизация строительства. – 1977. – №5. – С.10-11.

7.Пунагин В.Н. Бетон и бетонные работы в условиях сухого климата. – Ташкент: Фан, 1974. – 244 с.

*Получено 30.03.2007*

УДК 628.928 : 69.024.92

Т.А.ГАЛІНСЬКА

*Полтавський національний технічний університет ім. Юрія Кондратюка*

### **РОЗРАХУНОК ПРИРОДНОГО ОСВІТЛЕННЯ ПРИМІЩЕНЬ БУДІВЕЛЬ, ЯКІ ОСВІТЛЮЮТЬСЯ ЧЕРЕЗ ЗЕНІТНІ ПРЯМОКУТНІ У ПЛАНІ ЛІХТАРІ ПРИ ЯСНОМУ І ХМАРНОМУ НЕБІ**

Наведиться методика розрахунку природного освітлення приміщень будівель, які освітлюються через зенітні прямокутні у плані ліхтарі при яасному і хмарному небі МКО.

Існуючий на сьогодні метод розрахунку природного освітлення приміщень будівель, який наведений у нових, введених у дію з 2006 р., і старих нормативних документах [1, 2], базується на графо-аналітичному методі, розробленому А.М.Данилюком в 30-х роках [3] і поступово удосконаленому М.М.Гусевим та М.М. Кірсевим у 60-х роках ХХ ст. [4, 5]. Графоаналітичний метод розрахунку природного освітлення приміщень будівель дозволяє розраховувати освітлення тільки при хмарному небі, при якому спостерігається пропорційна залежність між зовнішнім освітленням і внутрішнім у приміщеннях будівель. В умовах ясного неба він є наближеним, оскільки при розрахунку почасового освітлення в приміщеннях не враховують добову динаміку розподілення яскравості на небозводі, а також пряму складову зовнішнього освітлення та конструктивне вирішення сонцезахисних пристроїв (СЗП). Тому в одних випадках потенціал природної світлової енергії використовується неповністю, а в інших – рівень освітлення приміщень значною мірою залежить від світлотехнічних пропускних характеристик сонцезахисних пристроїв. У роботах [6, 7] наведені методики розрахунку природного освітлення приміщень через ліхтарні надбудови та зенітні круглі у плані ліхтарі будівель при яасному і хмарному небі МКО. На даному етапі виникла необхідність у розробленні методу розрахунку природного освітлення приміщень через зенітні прямокутні у плані ліхтарі будівель при яасному і хмарно-

му небі МКО, методика якого відрізняється від зазначених вище методик, наведених в роботах [6, 7].

Метою даної роботи є розробка методу розрахунку природного освітлення приміщень будівель через zenітні прямокутні у плані ліхтарі при ясному і хмарному небі МКО.

Розрахунок освітлення в розрахунковій точці приміщення будівлі, яка освітлюється через прямокутні у плані zenітні ліхтарі при ясному і хмарному небі МКО і відсутності сонцезахисних пристроїв (СЗП), виконуємо за формулою

$$E_m^{\text{я}} = \frac{\tau_0 r_2 K_{\text{л}}}{K_3} \sum_{i=1}^n [E_i^{\text{я}} + E_{\Theta_i}^{\text{г}}], \quad (1)$$

де  $n$  – кількість zenітних ліхтарів, які приймають участь в освітленні розрахункової точки  $M$ ;  $K_{\text{л}}$  – коефіцієнт, який враховує тип ліхтаря, приймається за табл.Л.9 [1];  $K_3$  – коефіцієнт запасу, який приймається за табл.3 [1];  $r_2$  – коефіцієнт, який враховує освітлення в розрахунковій точці, що відбилось від внутрішніх поверхонь приміщення, приймається відповідно табл.Л.8 [1];  $\tau_0$  – загальний коефіцієнт світлопропускання заповнення ліхтаря, який визначається за формулою (Л.3) [1];  $E_i^{\text{я}}$  – горизонтальне освітлення розрахункової точки  $M$ , яке здійснюється ділянкою ясного неба МКО, яку видно через проріз  $i$ -го ліхтаря з розрахункової точки (рис.1), визначається за формулою

$$E_i^{\text{я}} = L(\theta_i) \sigma_i / \pi, \quad (2)$$

де  $\sigma_i$  – площа проекції ділянки небозводу, яку видно з розрахункової точки через прямокутний світлопроріз, який освітлює її. Площа проекції ділянки небозводу ( $\sigma$ ) визначається залежно від випадку розташування розрахункової точки  $M$  стосовно прямокутного світлопрорізу за методикою, яка приведена в роботах [8, 9]: існує чотири випадки розташування розрахункової точки  $M$  відносно площі прямокутного світлопрорізу (рис.2).

У першому випадку проекція ділянки небозводу на горизонтальну площину ( $\sigma_1$ ), яку видно через світлопроріз, визначається як алгебраїчна сума декількох величин:

$$\sigma_1 = \sigma_1 + \sigma_2 + \sigma_3 + \sigma_4, \quad (3)$$

де  $\sigma_1, \sigma_2, \sigma_3, \sigma_4$  – площі проекцій на горизонтальну площину ділянок небозводу, які видно через кожний з чотирьох прямокутників ліхтаря. Після математичних перетворень одержимо загальну формулу для визначення площі проекції на горизонтальну площину ділянки небозводу для першого випадку (при  $X_m < A$  та  $Y_m < B$ ) (рис.2):

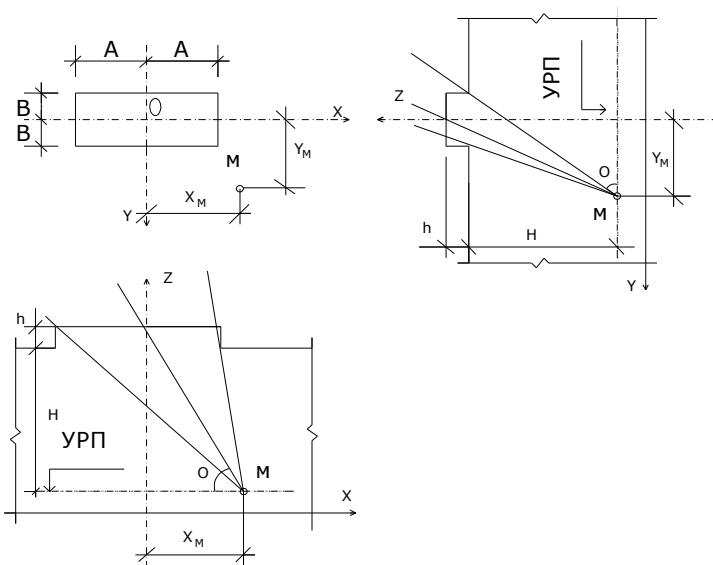


Рис.1 – Розташування розрахункової точки М відносно прорізу ліхтаря

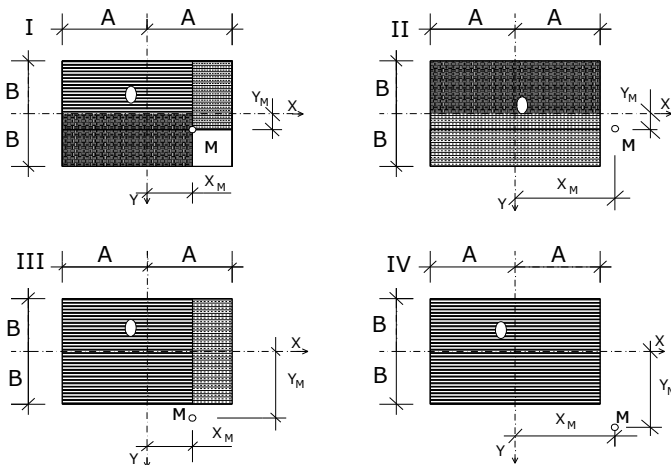


Рис.2 – Розташування розрахункової точки М відносно проекції світлопрорізу на горизонтальну площину

$$\begin{aligned} \sigma_1 = & \frac{\cos \beta_1}{2} (\pi - (\arctg \frac{\operatorname{ctg} \alpha_1}{\cos \beta_1} + \arctg \frac{\operatorname{ctg} \alpha_3}{\cos \beta_1})) + \frac{\cos \beta_2}{2} (\pi - (\arctg \frac{\operatorname{ctg} \alpha_2}{\cos \beta_2} + \\ & + \arctg \frac{\operatorname{ctg} \alpha_4}{\cos \beta_2})) + \frac{\cos \beta_1}{2} (\pi - (\arctg \frac{\operatorname{ctg} \frac{\pi}{2} - \alpha_1}{\cos \beta_1} + \arctg \frac{\operatorname{ctg} (\frac{\pi}{2} - \alpha_2)}{\cos \beta_1})) + \\ & + \frac{\cos \beta_2}{2} (\pi - (\arctg \frac{\operatorname{ctg} (\frac{\pi}{2} - \alpha_3)}{\cos \beta_2} + \arctg \frac{\operatorname{ctg} (\frac{\pi}{2} - \alpha_4)}{\cos \beta_2})), \end{aligned} \quad (4)$$

$$\text{де } \alpha_1 = \arctg \frac{B + Y_M}{A + X_M}; \alpha_2 = \arctg \frac{B + Y_M}{A - X_M}; \alpha_3 = \arctg \frac{B - Y_M}{A + X_M};$$

$$\alpha_4 = \arctg \frac{B - Y_M}{A - X_M}; \cos \beta_1 = \frac{A + X_M}{\sqrt{(A + X)^2 + (H + h)^2}};$$

$$\cos \beta_1 = \frac{B + Y_M}{\sqrt{(B + Y)^2 + (H + h)^2}}; \cos \beta_2 = \frac{B - Y_M}{\sqrt{(B - Y_M)^2 + (H + h)^2}}.$$

Розглянемо II і III випадки розташування розрахункової точки М стосовно світлопрорізу (рис.2). Загальна площа проекції небозводу на горизонтальну площину буде визначатися за формулою

$$\sigma_{II,III} = \sigma_1 + \sigma_2, \quad (5)$$

де  $\sigma_1$ ,  $\sigma_2$  – проекції на горизонтальну площину відповідно від більшого та меншого прямокутників світлопрорізу. Загальна формула для II і III випадків після перетворень приймає вигляд:

$$\begin{aligned} \sigma_{II,III} = & \frac{\cos \beta_1}{2} (\pi - \arctg \frac{\operatorname{ctg} \alpha_1}{\cos \beta_1} + \arctg \frac{\operatorname{ctg} \alpha_3}{\cos \beta_1}) + \frac{\cos \beta_1}{2} \varphi \\ & \varphi (\arctg \frac{\operatorname{ctg} (\pi/2 - \alpha_2)}{\cos \beta_1} - \arctg \frac{\operatorname{ctg} (\pi/2 - \alpha_1)}{\cos \beta_1} + \frac{\cos \beta_2}{2} (\arctg \frac{\operatorname{ctg} (\frac{\pi}{2} - \alpha_4)}{\cos \beta_2} - \\ & - \arctg \frac{\operatorname{ctg} (\frac{\pi}{2} - \alpha_3)}{\cos \beta_2})) - \frac{\cos \beta_2}{2} (\pi - \arctg \frac{\operatorname{ctg} \alpha_2}{\cos \beta_2} - \arctg \frac{\operatorname{ctg} \alpha_4}{\cos \beta_2}), \end{aligned} \quad (6)$$

де для II випадку (при  $X_M > A$ ;  $Y_M < B$ ):

$$\alpha_1 = \arctg \frac{B + Y_M}{A + X_M}; \alpha_2 = \arctg \frac{B + Y_M}{X_M - A}; \alpha_3 = \arctg \frac{B - Y_M}{A + X_M};$$

$$\alpha_4 = \arctg \frac{B - Y_M}{X_M - A}; \quad \cos \beta_1 = \frac{A + X_M}{\sqrt{(A + X)^2 + (H + h)^2}};$$

$$\cos \beta_1 = \frac{B + Y_M}{\sqrt{(B + Y_M)^2 + (H + h)^2}}; \quad \cos \beta_2 = \frac{X_M - A}{\sqrt{(X_M - A)^2 + H^2}};$$

$$\cos \beta_2 = \frac{B - Y_M}{\sqrt{(B - Y_M)^2 + (H + h)^2}};$$

для III випадку (при  $X_M < A$ ;  $Y_M > B$ ):

$$\alpha_1 = \arctg \frac{A + X_M}{B + Y_M}; \quad \alpha_2 = \arctg \frac{A + X_M}{Y_M - B}; \quad \alpha_3 = \arctg \frac{A - X_M}{B + Y_M};$$

$$\alpha_4 = \arctg \frac{A - X_M}{Y_M - B}; \quad \cos \beta_1 = \frac{Y_M + B}{\sqrt{(Y_M + B)^2 + (H + h)^2}};$$

$$\cos \beta_1 = \frac{X_M + A}{\sqrt{(X_M + A)^2 + (H + h)^2}}; \quad \cos \beta_2 = \frac{Y_M - B}{\sqrt{(Y_M - B)^2 + H^2}};$$

$$\cos \beta_2 = \frac{A - X_M}{\sqrt{(A - X_M)^2 + (H + h)^2}}.$$

Розглянемо IV випадок (рис.2), коли точка М знаходиться за межами проекції на горизонтальну площину світлопрорізу (при  $X_M > A$  і  $Y_M > B$ ). Площа проекції напівсфери небовзводу на горизонтальну площину, яку видно через світлопроріз визначається за формулою

$$\begin{aligned} \sigma_{IV} = & \frac{\cos \beta_1}{2} (\arctg \frac{\operatorname{ctg} \alpha_1}{\cos \beta_1} - \arctg \frac{\operatorname{ctg} \alpha_2}{\cos \beta_1}) + \frac{\cos \beta_1}{2} (\arctg \frac{\operatorname{ctg}(\pi/2 - \alpha_4)}{\cos \beta_1} - \\ & - \arctg \frac{\operatorname{ctg}(\pi/2 - \alpha_2)}{\cos \beta_1}) - \frac{\cos \beta_2}{2} (\arctg \frac{\operatorname{ctg}(\frac{\pi}{2} - \alpha_3)}{\cos \beta_2} - \arctg \frac{\operatorname{ctg}(\frac{\pi}{2} - \alpha_1)}{\cos \beta_2}) - \\ & - \frac{\cos \beta_2}{2} (\arctg \frac{\operatorname{ctg} \alpha_3}{\cos \beta_2} - \arctg \frac{\operatorname{ctg} \alpha_4}{\cos \beta_2}), \end{aligned} \quad (7)$$

$$\text{де } \alpha_1 = \arctg \frac{A + X_M}{Y_M - B}; \quad \alpha_2 = \arctg \frac{A + X_M}{Y_M + B}; \quad \alpha_3 = \arctg \frac{X_M - A}{Y_M - B};$$

$$\alpha_4 = \arctg \frac{X_M - A}{B - Y_M}; \quad \cos \beta_1 = \frac{B + Y_M}{\sqrt{(B + Y_M)^2 + (H + h)^2}};$$

$$\cos\beta_1 = \frac{X_M + A}{\sqrt{(X_M + A)^2 + (H + h)^2}}; \quad \cos\beta_2 = \frac{Y_M - B}{\sqrt{(Y_M - B)^2 + H^2}};$$

$$\cos\beta_2 = \frac{X_M - A}{\sqrt{(X_M - A)^2 + H^2}}.$$

$L(\theta_i)$  – яскравість  $i$ -ї ділянки небозводу, яка освітлює через  $i$ -й ліхтар розрахункову точку  $M$ , визначаємо за формулою

$$L(\theta_i) = L_3(H_\odot) \times S(z_i), \quad (8)$$

де  $L_3(H_\odot)$  – абсолютна яскравість небозводу в зеніті, яка визначається для ясного неба за формулою

$$L_3^J(H_\odot) = 60 + 600 \times \cos^2(2H_\odot) + 4800 \times H_\odot^{1,55}, \quad (9)$$

а для хмарного неба – за формулою

$$L_3^O(H_\odot) = 300 + 17117,4 \times \sin(H_\odot) + 4031,7 \times H_\odot \times \sin^2(H_\odot), \quad (10)$$

де  $H_\odot$ ,  $H_\ominus$  – висота стояння сонця, що визначається за формулою, наведеною в [10]:

$$\sin H_\odot = \sin \text{III} \times \sin C_x + \cos \text{III} \times \cos C_x \times \cos \omega_t, \quad (11)$$

де  $\text{III}$  – географічна широта місцевості;  $C_x$  – схилання (нахил) Сонця;  $\omega_t$  – часовий кут ходу Сонця по небосхилу, що визначається за формулою

$$\omega_t = 2\pi t_i / T_d, \quad (12)$$

де  $2\pi = 360^\circ$ ;  $T_d = 24$  год;  $t_i$  – кількість годин часу (до півдня зі знаком  $(-)$ , після півдня зі знаком  $(+)$ ).

$S(z_i)$  – стандартний розподіл відносної яскравості ясного неба МКО визначається за формулою, запропоновану Р.Кітлером

$$S(z_i) = (f(\gamma) \times \varphi(z_i)) / (f(z_\odot) \times \varphi(0^\circ)). \quad (13)$$

Тут  $f(\gamma)$  – стандартна індикатриса розсіювання:

$$f(\gamma) = 0,91 + 10 \exp(-3\gamma) + 0,45 \cos^2 \gamma, \quad (14)$$

де  $\gamma$  – кут між розрахунковою точкою  $M$  і сонцем на небозводі:

$$\gamma = \arccos[\cos(z_\odot)\cos(z_i) + \sin(z_\odot)\sin(z_i)\cos A_\odot]. \quad (15)$$

Тут  $z_i$  – зенітна відстань елементарної ділянки на небозводі, яка розглядається при розрахунку (кут між вертикальною віссю, яка проходить через розрахункову точку і напрямком з розрахункової точки  $M$  на середню точку ділянки небозводу, яка спостерігається через світлопроріз (ліхтар));  $z_\odot$  – зенітна відстань сонця (кут між вертикальною віссю, яка проходить через розрахункову точку і напрямком з розрахункової точки  $M$  на сонце);  $A_\odot$  – азимут від сонячної вертикалі до елементарної ділянки небозводу, яка розглядається, можна визначити за

формулами, які наводяться в роботі [10]:

$$\sin A_{\odot} = \cos C_x \times \sin \omega / \cos H_{\odot}, \quad (16)$$

$$\cos A_{\odot} = (\sin \Pi \times \sin H_{\odot} - \sin C_x) / (\cos \Pi \times \cos H_{\odot}). \quad (17)$$

$f(z_{\odot})$  – стандартна індикатриса розсіювання для зеніту;

$$f(z_{\odot}) = 0,91 + 10 \exp(-3z_{\odot}) + 0,45 \cos^2(z_{\odot}), \quad (18)$$

$f(z_i)$  – функція точки елементарної ділянки на небозводі, яка розглядається при розрахунку:

$$f(z_i) = 1 - \exp(-0,32 \sec(z_i)); \quad (19)$$

$\varphi(0^\circ)$  – функція точки для зеніту:

$$\varphi(0^\circ) = 1 - \exp(-0,32) = 0,27385. \quad (20)$$

При хмарному небі МКО відносна яскравість визначається за формулою, запропонованою Муном і Спенсером

$$S(z_i) = (1 + 2 \cos(z_i)) / 3. \quad (21)$$

$E_{\Theta}^{\Gamma}$  – пряме горизонтальне освітлення розрахункової точки М сонцем, яке здійснюється за умови коли величина  $Z_{\odot}$  змінюється у межах від величини  $\arctg((H+h)/[\sqrt{(X_M^2 + Y_M^2) + \sqrt{A^2 + B^2}}])$  до величини  $\arctg(H/[\sqrt{(X_M^2 + Y_M^2) - \sqrt{A^2 + B^2}}])$ , визначається за формулою

$$E_{\odot}^{\Gamma} = (1/\Delta^2) \times C_{\odot} \times p^M \times \sin H_{\odot}, \quad (22)$$

де  $C_{\odot} = 136700$  лк – світлова сонячна стала Джонсона;  $\Delta$  – відстань від Землі до сонця в астрономічних одиницях на період року, що розглядається;  $p = 0,7$  – прозорість атмосфери;  $M$  – оптимальна маса атмосфери, яка визначається за формулою Махоткіна

$$M = 2 / (\sqrt{\sin^2 H_{\odot} + 0,003147} + \sin H_{\odot}). \quad (23)$$

Отримана математична модель розрахунку природного освітлення приміщення через зенітні прямокутні у плані ліхтарі підвищить точність розрахунку його розподілу на розрахунковій поверхні як при хмарному, так і при ясному небі МКО в різний період експлуатації будівлі. Залежність (1) можна використати при оптимальному проектуванні зенітних прямокутних у плані світлопрорізів (ліхтарів) будівель з урахуванням світлового клімату України.

1.ДБН В.2.5-28-2006. Інженерне обладнання будинків і споруд. ПРИРОДНЕ І ШТУЧНЕ ОСВІТЛЕННЯ / Затв. Наказом Міністерства БА та ЖКГ України від 15.05.06 №168.– К.: ДП Укрархбудінформ, 2006. – 76 с.

2.СНиП II-4-79\*. Естественное и искусственное освещение / Госстрой СССР. – М.: Стройиздат, 1990. – 48 с.

3.Данилюк А.М. Расчет естественного освещения помещений. – М.-Л.: Госстройиздат Наркомстроя, 1941. – 140 с.

- 4.Гусев Н.М. Естественное освещение зданий. – М.: Госстройиздат, 1961. – 171 с.
- 5.Киреев Н.Н. Расчет естественного освещения производственных помещений при применении плафонов верхнего света // Промышленное строительство. – 1964. – №10. – С.30-33.
- 6.Чернявський В.В., Галінська Т.А., Овсій М.О. Розрахунок природного освітлення приміщень будівель, які освітлюються через ліхтарні надбудови при ясному і хмарному небі МКО // Ресурсоєкономні матеріали, конструкції, будівлі та споруди: Зб. наук. праць НУВГ та П. Вип.14 – Рівне: НУВГ та П, 2006. – С.357-361.
- 7.Галінська Т.А., Овсій М.О. Розрахунок природного освітлення приміщень будівель, які освітлюються через zenітні круглі у плані ліхтарі при ясному і хмарному небі // Коммунальное хозяйство городов: Науч.-техн. сб. Вып.72. – К.: Техніка, 2006. – С.111-115.
- 8.Скать Д.Д. Комплексний метод вирішення zenітного освітлення будинків: Автореф. дис... канд. техн. наук: 05.23.01. – Полтава: ПДТУ ім. Юрія Кондратюка, 1999. – 20 с.
- 9.Инсоляция и естественное освещение в архитектуре и градостроительстве / Вернеску Д., Эне А.: Пер. с рум. – К.: Будівельник, 1983. – 86 с.
- 10.Бакулин П.Н., Конторович Э.В., Морозов В.Н. Курс общей астрономии.– М.: Наука, 1983. – 545 с.

Отримано 26.03.2007

УДК 624.012.46

С.Л.ФОМИН, д-р техн. наук, АЛИ ЭЗЗЕДДИН

*Харьковский государственный технический университет строительства и архитектуры*

### **ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНО-ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ОГНЕСТОЙКОСТИ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ ПЛИТ, ОПЕРТЫХ ПО КОНТУРУ**

Исследуется влияние высокотемпературного нагрева при пожаре на поведение железобетонных разрезных и неразрезных плит опертых по контуру. Выявлен ряд особенностей их работы в результате численного моделирования. Разработаны методики расчета их огнестойкости, которые проверены экспериментальными исследованиями.

Монолитные железобетонные перекрытия с плитами, опертыми по контуру, получили широкое распространение в жилищном и промышленном строительстве. Влияние интенсивного температурного нагрева во время пожара на их прочность практически не изучено, методики расчета огнестойкости отсутствуют. Сложность проблемы привела к тому, что существующие инструктивные документы предлагают только эмпирическую формулу для определения критической температуры, определяющую утрату огнепреграждающей и теплоизолирующей способности плит (Е и I) [1, 2].

Численные исследования с использованием ПК ЛИРА 9.2, разработанного НИИАСС Госстроя Украины, показали, что при градиенте температуры и линейном ее распределении по толщине плиты, опер-